

ALTERNATIVEN BEI FORMGRUNDSTOFFEN UND BINDERSYSTEMEN – – AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

W. TILCH¹, H. POLZIN²

FORMGRUNDSTOFFE

Problemstellung

Die gegenwärtige Situation hinsichtlich des Einsatzes verschiedener Formgrundstoffe ist dadurch gekennzeichnet, dass aus wirtschaftlichen und technologischen Gründen und wegen der Verfügbarkeit hochwertiger Qualitäten vorwiegend Quarzsande als Formgrundstoff verwendet werden. Der Anteil in der Gießereiindustrie der BRD beträgt über 95 %. In den Stahlgießereien oder bei der Fertigung thermisch hochbeanspruchter Kerne bzw. Formteile (-partien) werden ausdehnungsarme, höher feuerfeste und chemisch angepasste Formgrundstoffe eingesetzt.

Die Möglichkeiten, über die Verwendung von Formstoffen unterschiedlicher Art und Zusammensetzung (z. B. Einsatz verschiedener Formgrundstoffe) gezielt auf das technologische Verhalten der Form beim Verarbeiten und Gießen Einfluss zu nehmen (z. B. Ausdehnungsverhalten, Feuerbeständigkeit) wird in den letzten Jahren besonders für hochbeanspruchte Formteilpartien zunehmend genutzt. Die Einflussnahme des Formstoffes bzw. des Formteils auf das Erstarrungsverhalten und damit auf die Gefügebildung und die erreichbaren Werkstoffeigenschaften wird bisher praktisch nur wenig genutzt.

Folgende Probleme sollen durch die Verwendung alternativer Formgrundstoffe einer Lösung zugeführt werden:

1. Sicherung einer hohen Gussstückqualität durch den Einsatz von Formstoffen (Formgrundstoffen) mit einem günstigen Ausdehnungsverhalten und hoher thermischer Belastbarkeit zur Sicherung einer guten Maßgenauigkeit, Oberflächengüte sowie Fehlerfreiheit (Anbrand, Penetration, Ausdehnungsfehler ...).
2. Einflussnahme auf das Verhalten beim Gießen (Fließvermögen) und die Gefügebildung durch den Einsatz von Formstoffen mit variablen wärmephysikalischen Eigenschaften zur
 - Erhöhung der Wärmenutzungsbedingungen, um z.B. im Leichtmetallguss eine schnelle Abkühlung und damit günstige Gefügebildung (z. B. Dendritenarmabstand) zu erreichen.
 - Verringerung der Wärmeentzugsbedingungen (Abkühlungsgeschwindigkeit) um dünnwandigere Gussteile (z. B. GGG) fertigen zu können.

Begriff: Alternative Formgrundstoffe

Der Begriff „Alternative Formgrundstoffe“ ist in der Literatur bisher wenig genutzt und z. T. umstritten. Deshalb soll einführend näher darauf eingegangen werden.

Der in Deutschland übliche Formgrundstoff ist Quarzsand (Anteil ca. 95 % der Sandformverfahren). Dem Quarzsand mit seinen charakteristischen Eigenschaften werden durch die verschiedenen anderen Formgrundstoffe echte Alternativen gegenübergestellt, die signifikante Unterschiede aufweisen. Das betrifft folgende Komplexe:

1 Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Tilch – Gießerei-Institut der TU Bergakademie Freiberg
2 Dr.-Ing. Hartmut Polzin, Gießerei-Institut der TU Bergakademie Freiberg

- Genese
- chemische Charakteristik
- Dichte, Schüttdichte
- wärmephysikalische Stoffdaten
- Sinterverhalten, Feuerbeständigkeit
- Ausdehnungsverhalten
- Umweltverträglichkeit
- Umlaufverhalten
- Wirtschaftlichkeit/Formstoffkosten

Untersuchte Materialien

Aus der umfangreichen Palette körniger natürlicher und synthetischer Materialien wurden folgende Formgrundstoffe ausgewählt (s. Tabelle 1).

Als Vergleichsbasis wurde der Quarzsand H 32 verwendet.

In der Tabelle 1 sind die wesentlichen Hauptbestandteile, die mineralogische Zusammensetzung und die Schüttdichte dieser Formmaterialien zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 1: Eingesetzte Formgrundstoffe

Lfd. Nr.	Stoffbezeichnung	Hauptbestandteil	Schüttdichte [g/cm ³]	Mineralogische Zusammensetzung	Abkürzung
1	Kerphalite KF 01/04	Alumosilikatsand natürlich. Mineral	1,55	Al ₂ O ₃ 60 – 62 %; SiO ₂ 38 – 40 %	Ker
2	Schamotte AFS 55 - 60	gemahlene Schamottesteine	1.18	Al ₂ O ₃ > 32 % SiO ₂ 36 – 48 % CaO 0,1 – 2 %; MgO 0,1 – 0,7 %; Fe ₂ O ₃ 1 – 7 %	Sch
3	Cerabeads Nr. 650	Alumosilikatsand kugelförmig	1,56	Al ₂ O ₃ 60 – 62 %; SiO ₂ 36 – 38 %	CB
4	Zirkonsand Z 70 UA	Schwermineral Zirkon	2,76	ZrO ₂ + HfO ₂ 65 % SiO ₂ 32,5 %	Z
5	M-Sand	Alumosilikatsand	1.58	Al ₂ O ₃ 76 % SiO ₂ 23,5 %	M
6	HA Spezialsand J 23	Quarz-Feldspatsand	1,47	SiO ₂ 78 – 82 % Al ₂ O ₃ 8 – 12 %	J 23
7	AccuCast ID 40	Alumosilikat	1,88	Korund 44 – 56 % Mullit 38 – 56 %	ID 40
8	Magnetit	Magnetit	2,79	98,6 % Fe ₃ O ₄	Mag
9	AccuCast LD 30	Alumosilikat	1.65	SiO ₂ 15 – 35 %; Mullit 60 – 85 %; Cristobalit 0–20 %	LD 30
10	AccuCast LD 50	Alumosilikat	1,54	SiO ₂ 15 – 35 %; Mullit 60 – 85 %; Cristobalit 0–20 %	LD 50
11	H 32 (2003)	Quarzsand	1.54	SiO ₂ 99 %	Q, H 32
12	Rutilsand	Rutil	2.42	TiO ₂ 96 %; Fe ₂ O ₃ 0,9 %	Ru

Die unterschiedlichen Kornformen und Kornoberflächen einiger dieser Materialien zeigt das Bild 1.

Diese Materialien wurden einer umfangreichen Untersuchung hinsichtlich ihrer Grundeigenschaften (z. B. Korngröße, Kornform, spez. Oberfläche), ihrer Formstoffeigenschaften mit unterschiedlichen Bindersystemen (Cold-box-, Hot-box-, Furanharzverfahren), der Hochtemperatureigenschaften (Ausdehnung, Heißverformung, Feuerbeständigkeit u. a.) und der wärmephysikalischen Eigenschaften (Wärmeleitfähigkeit, Temperaturleitfähigkeit, Wärmeübergangskoeffizient) unterzogen. Abschließend wurde die Einflussnahme verschiedener

Formgrundstoffe auf gießtechnologische Eigenschaften (Fließvermögen, Auslaufvermögen verschiedener Gusswerkstoffe) auf die Erstarrungsbedingungen, die Gefügeausbildung und auf mechanische Eigenschaften untersucht.

Im Rahmen dieses Beitrages soll auf die zuletzt dargelegten Zusammenhänge näher eingegangen werden.

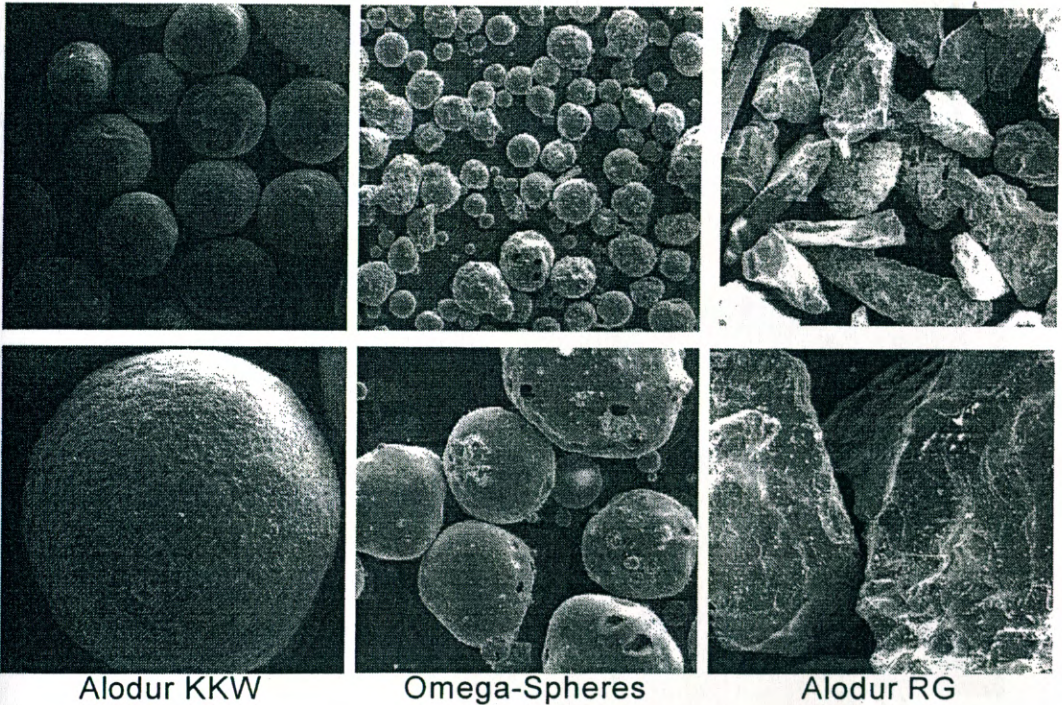


Bild 1: REM-Aufnahmen ausgewählter Formgrundstoffe 850- bzw. 200-fach

Ermittlung der wärmephysikalischen Eigenschaften

Versuchsmethodik

Die Messung der thermophysikalischen Eigenschaften umfasste die Ermittlung der Temperaturleitfähigkeit a (in cm^2/s) mit Hilfe der Laser-Flash-Apparatur, die Messung der Wärmeleitfähigkeit mit der Rohr-Apparatur (für die körnigen Granulate) und mit dem Plattenverfahren (für gebundene Formstoffe) sowie die Bestimmung des Wärmeübergangskoeffizienten und der effektiven Wärmeleitfähigkeit durch Abgussversuche einer speziellen Probe.

Ergebnisse der wärmephysikalischen Untersuchungen

Formgrundstoffe mit der höchsten Wärmeleitfähigkeit (Platten-Verfahren, Rohrverfahren, Abgussversuche) waren (s. Bild 2):

- Zirkonsand
- Quarzsand
- Alodur RG
- Accucast LD 30

Niedrigste Wärmeleitfähigkeit besitzen die Materialien:

- Cerabeads
- Ω -Spheres

- Schamottesand

Sande mit dem höchsten Wärmeübergangskoeffizienten sind:

- Alodur RG
- Quarzsand

· Zirkonsand

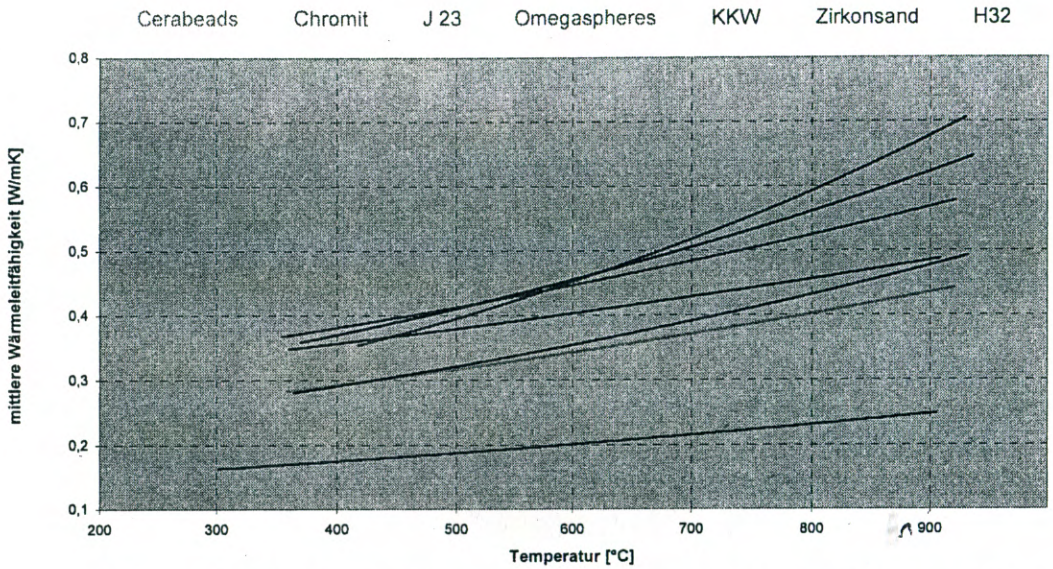


Bild 2: Wärmeleitfähigkeit (Plattenverfahren) ausgewählter Formstoffe (Furanharz)

Niedrigste Werte zeigen M-Sand und Ω -Spheres (Bild 3).

Mittlerer Wärmeübergangskoeffizient, normiert zu Quarzsand H32

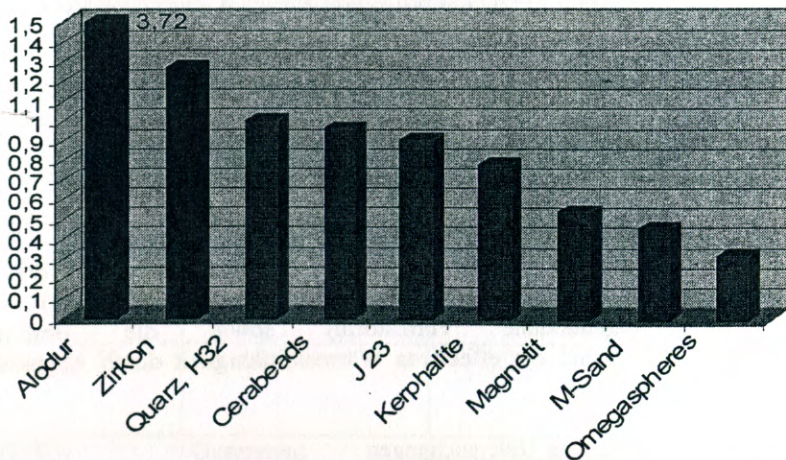


Bild 3: Mittlerer Wärmeübergangskoeffizient normiert zu Quarzsand H 32

Verhalten der Formstoffe beim Gießen

Zur Ermittlung ausgewählter gießtechnologischer Eigenschaften wurden folgende Prüfmethode verwendet:

- **Auslaufprobe:** Sie besteht aus einem Anschnittsystem und zwei auslaufenden Kanälen. Anhand der messbaren Auslauflänge können Rückschlüsse auf die Wärmeabführung der Form gezogen werden und das Vermögen zur Ausbildung dünnwandiger Gusskonturen wird erfasst.

- **Gießspirale:** Die Gießspirale erfasst das Fließvermögen der Schmelze unter der Einflussnahme der Wärmeentzugsbedingungen durch den Formstoff. Verwendet wurde die Gießspirale nach Sipp.
- **Rundprobe:** dient zur Ermittlung der Aufheizkurven der Form und der Abkühlkurven der Schmelze. Außerdem können dieser Probe entspr. Prüfkörper für Gefügeuntersuchungen und für die Bestimmung mechanischer Eigenschaften entnommen werden.

Die Untersuchungen wurden mit zwei verschiedenen Gusswerkstoffen durchgeführt:

AlSi7Mg und GJL 20. Die Abgussbedingungen (GJL 1750 °C und AlSi7Mg 700 °C) wurden konstant eingehalten.

Auslauflängen, Fließvermögen

Die erreichten Ergebnisse der Auslauflängen für die verschiedenen Gusswerkstoffe und ausgewählten Formgrundstoffe zeigen die Bilder 4 und 5. Aus diesen Bildern geht hervor, dass die verschiedenen Formgrundstoffe einen erheblichen Einfluss auf das Auslaufvermögen der Schmelze ausüben.

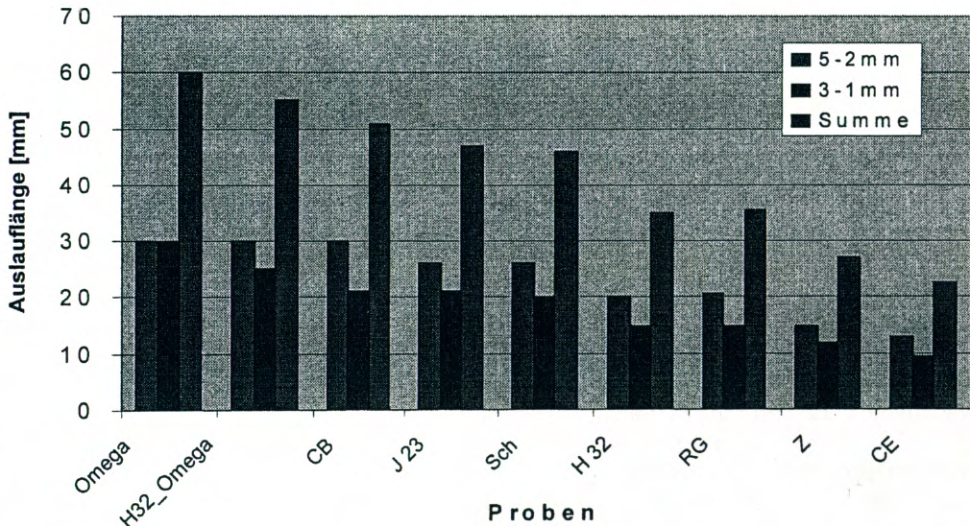


Bild 4: Auslauflängen verschiedener Formgrundstoffe bei 1350°C mit GJL-200

Mit Hilfe der Gießspirale sollte ein möglicher Unterschied zwischen dem „reinen“ Auslaufvermögen (Fließvermögen) und der Fähigkeit, eine dünne Wanddicke zu gießen, erkannt werden. Im wesentlichen werden die Ergebnisse der Auslaufprobe durch die Gießspirale bestätigt (s. Bild 5). Im Formstoff mit Ω -Spheres läuft die Schmelze fast vollständig aus, selbst die Mischung mit 50 % Ω -Spheres und 50 % Quarzsand übertrifft alle anderen Formstoffe.

Auswirkungen auf die Gussteilqualität

Gefügeausbildung

Zur Ermittlung der Auswirkung verschiedener Formgrundstoffe auf die metastabile Erstarrung wurde der Anteil der Weißerstarrung bei 5 mm Wandstärke der Auslaufprobe verglichen. Die Ergebnisse reichen von keiner Weißerstarrung beim Ω -Sand, selbst bei 2 mm Wanddicke (s. Bild 6) bis vollständige Weißerstarrung bei Chromit bei 5 mm Wanddicke.

Im Prinzip ist erwartungsgemäß eine ähnliche Reihung der Formgrundstoffe wie bei der Auslaufprobe und Gießspirale feststellbar:

Ω -Spheres \rightarrow 50 Ω /QS \rightarrow Sch \rightarrow KKW \rightarrow M-Sand \rightarrow Ker \rightarrow LD 50 \rightarrow J-Sand \rightarrow ID 40
 \rightarrow 50 Sch/QS \rightarrow H 32 \rightarrow LD 30 \rightarrow Z \rightarrow CE

Hohe Oberflächenqualität erreichen Zirkonsand und Chromitsand. Bei dünnwandigen Teilen bewirkt die schlechte Benetzbarkeit der Form die glatte Oberfläche ohne Sandanhaftungen, während bei großen Wanddicken und entsprechend hoher thermischer Beanspruchung die hohe Feuerfestigkeit wirkt und Anbrand verhindert. Cerabeads erreichen eine gute und gleichmäßige Oberflächenqualität. Auch die Oberflächenqualität der Proben mit Ω -Spheres erreichen gute Werte, besonders bei dünnwandigen Teilen, wo sie ja auch aufgrund des guten Auslaufverhaltens zum Einsatz kommen sollen.

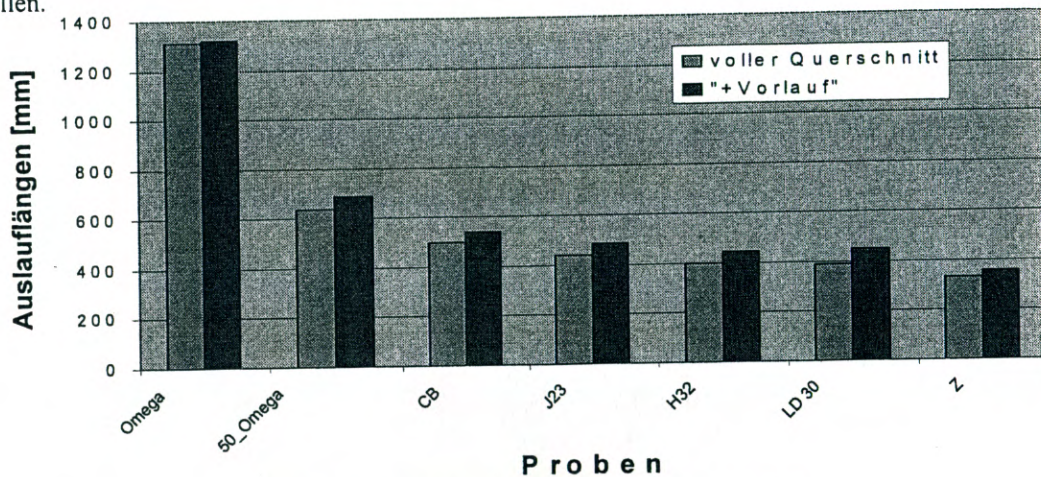


Bild 5: Auslauflängen der Gießspirale mit GJL-200

Oberflächenbeschaffenheit der Gussteile

Die Gewährleistung einer hohen Oberflächenqualität der Gussteile ist von großer Bedeutung, um den Putzaufwand zu vermindern und die steigenden Anforderungen der Abnehmer zu erfüllen. Wichtigste Einflussgrößen hinsichtlich mechanisch bedingter Penetration und thermo-chemisch bedingtem Anbrand bzw. Versinterung sind die granulometrischen Kennwerte (MK, GG, Feinanteile ...), die erreichte Packungsdichte der Formteilerfläche, das Ausdehnungs- und Sinterverhalten des Formstoffes sowie das Benetzungsverhalten zwischen Formwand und Schmelze.

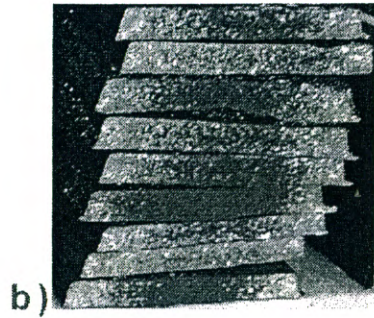
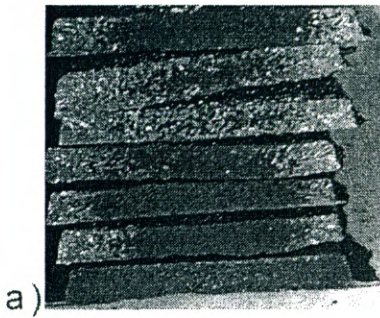
Bei den gießtechnologischen Untersuchungen wurden Probegussteile mit unterschiedlichen Wandstärken gefertigt, welche die Form thermisch unterschiedlich beanspruchen und zu unterschiedlichen Gussoberflächen führen. Die Bewertung erfolgte halbquantitativ durch Einordnung nach Noten:

4 – sehr gut, glatte Oberflächen bis 1 – schlechte, raue Gussoberflächen.

Für drei unterschiedliche Wandstärken ($W \uparrow \uparrow$; $W \uparrow$; $W \downarrow$) wurde diese Bewertung vorgenommen. Für einige ausgewählte Formgrundstoffe zeigt die Tabelle 2 die erreichten Ergebnisse.

Tabelle 2: Oberflächenqualität verschiedener Formmaterialien bei unterschiedlicher Wanddicke thermische Beanspruchung (Wanddicke)

Material	$W \uparrow \uparrow$	$W \uparrow$	$W \downarrow$	\emptyset
Zirkonsand	2,5	3	4	3,17
Chromerz	3	3	3	3,0
Cerabeads	3	3	3	3,0
Ω -Spheres	2	2,5	4	2,83
M-Sand	1,5	2	3	2,17
H 32	2	2	2,5	2,17
KKW	1	2	2,5	1,83



Schamotte
ID40
Quarzsand
LD50
50_Omega
KKW
Omega

J-Sand
Zirkon
M-Sand
50_Sch
50_KKW
CB
LD30
CE
Ker

Bild 6: Weißerstarrung bei Auslaufproben 5 mm Dicke

ANORGANISCHE BINDERSYSTEME FÜR DIE FORM- UND KERNHERSTELLUNG

Entwicklungsziele bei anorganischen Bindern

Zunehmende umweltrelevante Probleme, vor allem hinsichtlich auftretender Emissionen beim Formen und Gießen, insbesondere Geruchsemissionen, führten zu Beeinträchtigungen im Umfeld von Gießereien. Mit der GIFA 2003 rückten weiterentwickelte anorganische silikatische Bindersysteme und neue Systeme auf Salzbasis in den Blickpunkt des Interesses, zumindest im Bereich der silikatischen Binder zeigte die GIFA 2007 einige Fortschritte. Ziele dieser Entwicklung waren die Verringerung der speziellen Nachteile bzw. die weitere Ausprägung der Vorteile bei der Verwendung anorganischer Binder:

Vorteile:

- Industrielle und preisgünstige Verfügbarkeit der Rohstoffe
- Vielfältige Härtungsmöglichkeiten zur Form- und Kernherstellung
- Günstiges Umweltverhalten hinsichtlich Abfallvermeidung und -verwertung, Deponieverhalten sowie der auftretenden Emissionen (Geruchsemissionen), Arbeitsplatzfreundlichkeit
- Höhere thermische Stabilität

Nachteile:

- Geringere Primärfestigkeit, Abriebfestigkeit (Erosion)
- Höhere Bindergehalte erforderlich
- Ungünstiges Auspack- und Entkernverhalten infolge höherer Restfestigkeiten
- Erhöhter Putzaufwand
- Schwierigere Regenerierbarkeit, geringerer Wiedereinsatzgrad

Entwicklungen seit der GIFA 2003

Die Entwicklung innovativer anorganischer Formstoffbindersysteme ist seit der GIFA im Jahre 2003 in vollem Gange. Einige der dort gezeigten Trends bzw. Hoffnungen haben sich bisher nicht erfüllt, man denke dabei insbesondere an die Salzbindersysteme. Einen deutlichen Aufschwung

hingegen erlebten zwischenzeitlich Bindersysteme, die entweder auf Silikatverbindungen beruhen oder zumindest vorwiegend silikatische Bestandteile enthalten. Diese mittlerweile von namhaften Binderherstellern angebotenen Systeme sind augenblicklich zum überwiegenden Teil in der Erprobung bzw. im Vorserieneinsatz. Der Schwerpunkt dabei liegt derzeit auf der Großserienproduktion von Aluminiumgussteilen, wobei auch Anwendungen aus dem Eisen- und Kupfergussbereich bekannt sind. Die augenblicklich vorhandenen Bindersysteme werden prinzipiell als Monosystem angeboten, wobei in einer Vielzahl von Anwendungsfällen verschiedenste flüssige oder pulverförmige Additive zur Verbesserung von Eigenschaften wie Fließfähigkeit bzw. Schiessbarkeit, Zerfallsverhalten oder Klebneigung am Formwerkzeug zugegeben werden.

Die gegenwärtig vorhandenen Bindersysteme auf anorganischer Basis sind im Bild 7 in der Übersicht dargestellt. Auf der einen Seite findet man die Silikatbinder, die mehr oder weniger eng mit den Wasserglasbindersystemen verwandt sind oder zumindest die gleiche chemische Basis haben.

Kernherstellung: Verfahrensvarianten mit anorganischen Bindern
(Stand 2005)

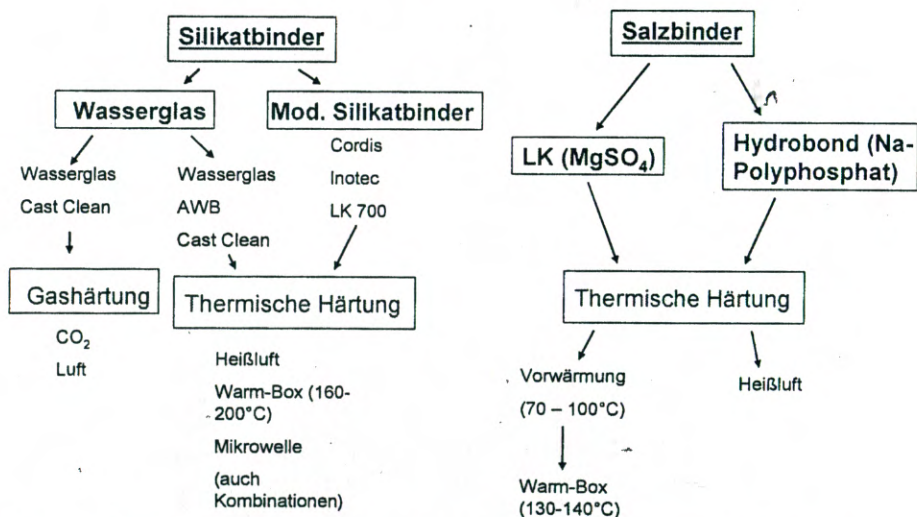


Bild 7: Übersicht über die anorganischen (Kern-)Bindersysteme (in Deutschland)

Während die modifizierten Silikatbindersysteme Cordis, Inotec und LK ausschließlich durch thermische Härtung verfestigt werden, kann man mit dem klassischen und den weiterentwickelten Wasserglasbindersystemen sowohl auf verschiedenen thermischen Wegen auch mit Kohlendioxid oder Luft aushärten. Dazu ist festzustellen, dass zusätzlich die in Bild 7 nicht dargestellte Selbsthärtung durch den Zusatz flüssiger Esterhärter bei den Wasserglasbindersystemen ebenfalls möglich ist.

Die zweite Gruppe der anorganischen Bindersysteme sind die auf der rechten Seite des Bild 7 dargestellten Salzbindersysteme LK und Hydrobond. Beide Systeme werden thermisch ausgehärtet, wobei sich die konkreten Technologien etwas voneinander unterscheiden. Zu den Salzbindersystemen bleibt festzustellen, dass sich ihr Einsatz im Augenblick auf einzelnen Versuchsanwendungen vorrangig im Leichtmetallbereich erstreckt. Bei weiterer Entwicklungsarbeit können aber auch die Salzbindersysteme in Zukunft eine größer werdende Rolle in der Herstellung von Formen und Kernen spielen.

Die GIFA 2007 zeigte den aktuellen Stand der Systeme Cordis und Inotec mit ersten Vor- und Kleinserienanwendungen im Aluminiumguss sowie des Systems Cast Clean® im Bereich der klassischen Verfestigungsvarianten für wasserglasgebundene Formstoffe

Entwicklung und Einsatz des Bindersystems Cast Clean®

Bei den verwendeten und hier vorgestellten anorganischen Bindersystemen handelt es sich um Alkalisilikat- bzw. Wasserglassysteme. Diese Binder können bezüglich ihrer Eigenschaften auf verschiedenen Wegen gezielt verändert werden. Zum einen kann dies über die Veränderung der Viskosität geschehen, was sich in der Regel auf die Schiessbarkeit des Formstoffs, d.h. auf die maschinelle Verarbeitbarkeit auswirkt. Andererseits ist eine Modifizierung des Ausgangsbindersystems auf chemischem Wege möglich, wobei die zugesetzten Additive sowohl anorganischer als auch organischer Natur sein können. Obwohl der Schwerpunkt bei den eingesetzten Modifikatoren und Additiven selbstverständlich auf anorganischen Verbindungen liegt, kann zur Zeit noch nicht vollständig auf organische Bestandteile verzichtet werden. Die eingesetzte Organik ist im wesentlichen für die Verbesserung des Zerfallsverhaltens, d.h. die Senkung der Restfestigkeiten verantwortlich. Zudem ist festzustellen, dass der zulässige Gehalt an organischen Bestandteilen im Bindersystem auf 5 % begrenzt ist, wobei dieser Maximalwert für viele Anwendungen unterschritten wird. Ein weiterer wichtiger Aspekt der durchgeführten Binderentwicklungen ist, in der Regel einen Einkomponentenbinder zu liefern, d.h. es wird auf externe Additive wie beispielsweise Fließverbesserer, Zerfallsförderer oder Trennmittel verzichtet. Alle Mehrkomponentenbinder führen in der Gießerei zu notwendigen Änderungen an der Anlagentechnik sowie zu erhöhten Lager- und Logistikaufwendungen. Ziel ist es, im Betrieb die drei klassischen Komponenten Formgrundstoff, Binder und Härter zur Herstellung der Formstoffmischung zu verwenden. Die bisher auf dem US-amerikanischen und europäischen Markt vertriebenen Bindersysteme werden unter dem Produktnamen Cast Clean® angeboten. Unter diesem Markennamen werden dann für den jeweiligen Anwendungszweck möglichst „maßgeschneiderte“ Systeme entwickelt und geliefert. Die hier vorgestellten Bindersysteme werden im weiteren Verlauf abgekürzt mit B0 bis B5 bezeichnet.

Anforderungen an die Entwicklung des Bindersystems Cast Clean®

Die bei der Entwicklung dieses Bindersystems gestellten Anforderungen lassen sich wie folgt formulieren:

- Einsetzbarkeit für unterschiedliche Anwendungsfälle
(verschiedene Gusswerkstoffe, für Serien- und Kundengießereien, verschiedene Härtungsprinzipien – kalt-, selbst- und warmhärtend)
- Nutzung der vorhandenen Produktionstechnik
(Kernschießmaschinen, Kernkästen, Formwerkzeuge)
- Verbesserung der Fließ (Schieß-)fähigkeit
- Verbesserung des Zerfallsverhaltens
- Verbesserung des Umlauf- und Regenerierungsverhaltens
- Verringerung der Klebneigung am Formwerkzeug
- Begrenzung des organischen Anteils im Binder auf < 5 %

Diese Anforderungen bedeuten, dass neben dem Großseriengießer von Aluminiumussteilen auch die kleine oder mittlere Kundengießerei von Eisen-, Kupfer- oder Leichtmetalllegierungen die Möglichkeit zum Einsatz verbesserter anorganischer Bindersysteme erhalten muss.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die im Betrieb vorhandene Produktionstechnik, d.h. die Kernschießmaschinen sowie die Kernkästen bzw. Formwerkzeuge abgesehen von geringen Änderungen bzw. Erweiterungen nach Möglichkeit auch mit einem neuen Bindersystem weiter genutzt werden müssen. Die Entwicklungsstrategie betrifft sowohl die Kernfertigung als auch die Herstellung von Formen aus Wasserglasformstoffen.

Ein wichtiges Anliegen der Entwicklungstätigkeit ist es auch, neben den zur Herstellung von Serienkernen notwendigen Trocknungsverfahren auf Basis von Hot- bzw. Warm-Box, Mikrowellen- oder Warmlufthärtung auch die klassischen Verfestigungstechnologien von wasserglasgebundenen Formstoffen mit Aushärtung durch Kohlendioxid für die Kernfertigung

und die selbsthärtenden Formstoffmischungen zur Herstellung von Formen weiterzuentwickeln. So soll sichergestellt werden, dass für eine Vielzahl von Anwendungen hinsichtlich Produktspektrum, Losgröße und Gusswerkstoff geeignete Bindersysteme bereitgestellt werden können. Obwohl das Festigkeitspotential der CO₂-gehärteten anorganischen Binder relativ niedrig ist, sind auch Verbesserungen bei diesem Härtingsverfahren (z.B. Fließfähigkeit, Zerfallsverhalten u.a.) für eine verstärkte Anwendung von Bedeutung. Das Bild 8 zeigt die erreichbaren Festigkeiten bei einem Bindergehalt von 3 %.

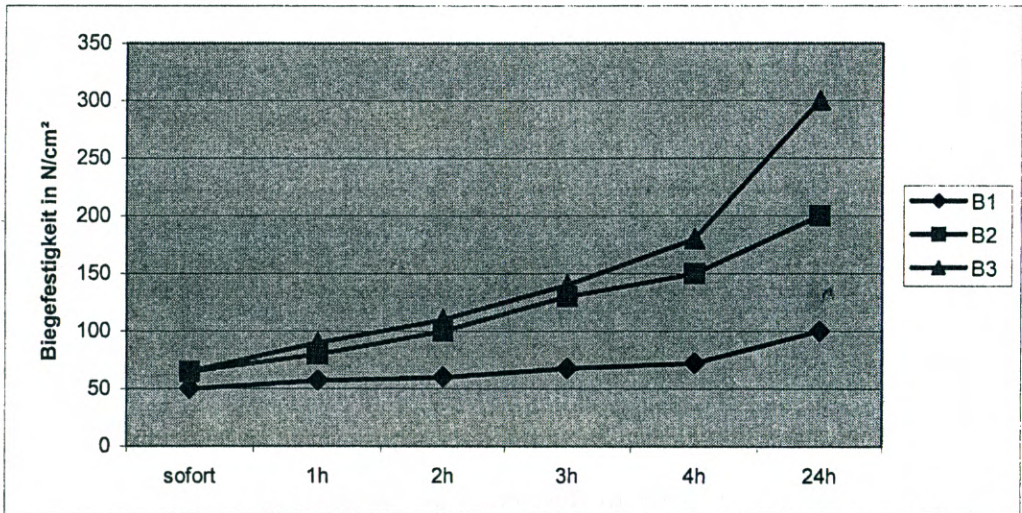


Bild 8: Entwicklung der Biegefestigkeit bis zu einer Lagerzeit von 24 h bei drei verschiedenen Cast Clean®-Bindersystemen, Bindergehalt 3 %, Quarzsand H 32

Zwei der drei Binder zeigen gleiche Anfangsfestigkeiten, jedoch entwickelt sich die Festigkeitszunahme bis zu 24 Stunden unterschiedlich. Im Falle von Bindersystem B3 erreicht man nach einem Tag Lagerung nahezu die doppelte Festigkeit. Wenn auch wie bereits festgestellt, die absoluten Festigkeiten vergleichsweise niedrig ausfallen, so können die dargestellten Verbesserungen für den einzelnen Anwender des Wasserglas-CO₂-Verfahrens jedoch sehr nützlich sein, dies gilt umso mehr in Kombination mit den bereits genannten weiteren Eigenschaften.

Die Trocknung von silikatischen Formstoffbindern führt bekannterweise zu wesentlich höheren Festigkeiten. Verfahrenstechnische Möglichkeiten sind die Anwendung einer Warmluftbegasung oder die Verwendung von erwärmten Werkzeugen, das sogenannte Warm-box-Verfahren. In Kombination mit einer anschließenden Verfestigung im Mikrowellenofen lassen sich

kurze Taktzeiten bei der Kernherstellung realisieren.

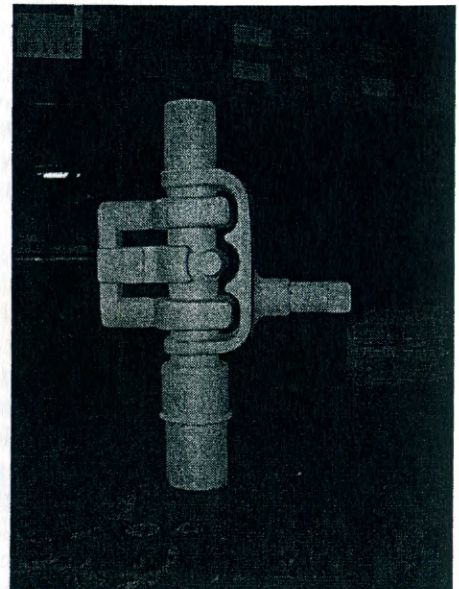


Bild 9: Kern für eine Armatur, Wasserglas-CO₂- Verfahren, 2,8% Binder

Das erschließbare Festigkeitspotential bei einer Warm-Box-Härtung ist aus dem Bild 10 erkennbar. Die Sofortfestigkeiten werden die nach einer Stunde Lagerung der Probekörper ermittelten Werte gegenübergestellt, auch hier wurde ein Bindergehalt von 3 % zugrundegelegt. Anhand dieser Werte wird das Potential der Bindersysteme deutlich.

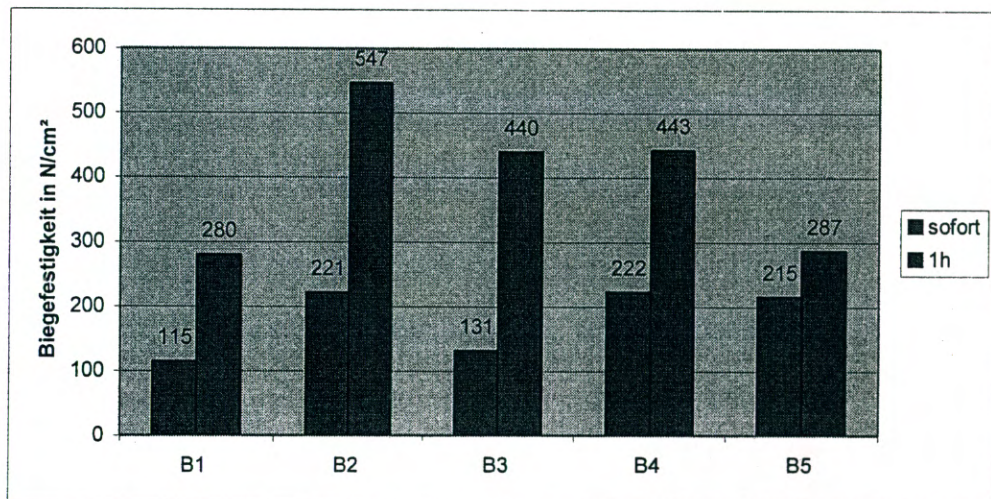


Bild 10: Biegefestigkeiten einiger Cast Clean®-Bindersysteme bei Warm-Box-Verfestigung, 3 % Binder, Sand H 32

Für die Anwendung der in Bild 10 dargestellten Systeme ergibt sich nun die Möglichkeit, einen ggf. auch im Zusammenhang mit anderen Eigenschaften (z.B. Fließverhalten) für den Einsatzfall geeigneten Binder auszuwählen. Weiterhin ist es möglich, ein Bindersystem bezüglich des verwendeten Bindergehaltes so zu optimieren, dass ausreichende Festigkeiten eingestellt werden. Anhand der erreichbaren Festigkeiten ist es wahrscheinlich, dass auch beim Einsatz von 2 % Binder oder möglicherweise noch weniger für viele Anwendungsfälle ausreichende Festigkeiten eingestellt werden können. Dies bringt zum einen ökonomische Vorteile und andererseits auch technologische Verbesserungen (z.B. Zerfallsverhalten, Regenerierbarkeit).

Wasserglas-Ester-Verfahren

Im Bereich der Formherstellung kann man Wasserglasbindersysteme bekanntermaßen durch den Zusatz flüssiger Härter verfestigen. Im Augenblick auf Anwendungen in geringerem Umfang beschränkt, wird mit dem Verfahren in Zukunft sicher wieder mehr zu rechnen sein. Das betrifft auch Einsatzgebiete (z.B. Aluminiumguss, s. Bild 11), wo die Verwendung dieser Technologie bisher nicht üblich war.

Bild 12 zeigt die Härtingsverläufe für selbsthärtende Formstoffmischungen bei 3% Bindergehalt. Aus aktuellen Untersuchungen zur Verwendung der weiterentwickelten Bindersysteme kann geschlussfolgert werden, dass bereits mit Bindergehalten zwischen 2,2 und 2,5 % ausreichende Festigkeiten der Formen nach einer Härtingszeit von 24 h bzw. eher erreicht werden können (s. Bild 13). Das führt zu beträchtlichen wirtschaftlichen und technologischen Vorteilen besonders im Hinblick auf das Zerfallsverhalten und die Fließbarkeit der Formstoffmischungen.

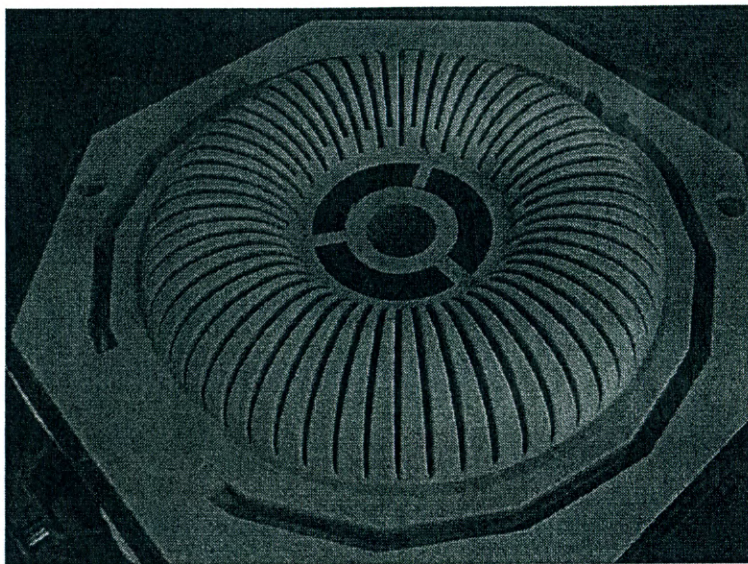


Bild 11: Selbsthärtende Form (Masse 1500 kg) für Aluminiumguss, Bindergehalt 2,5 %

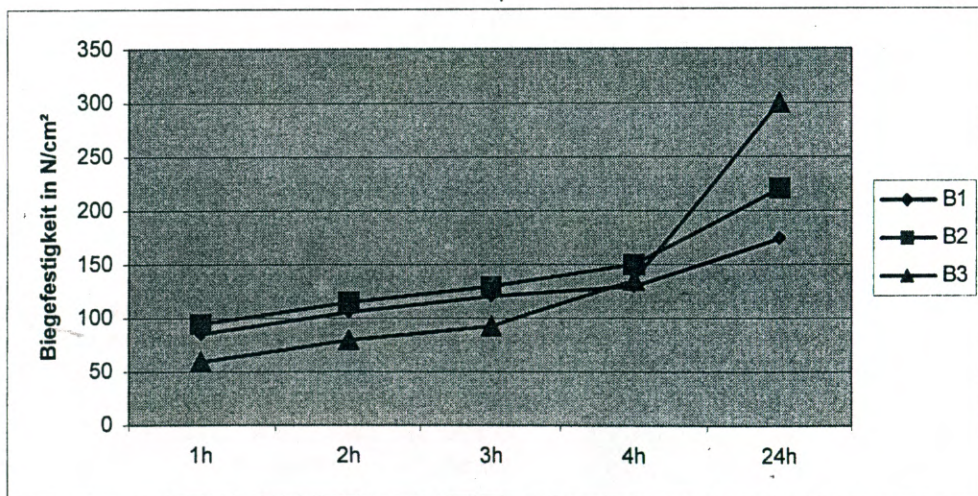


Bild 12: Härtungsverläufe für drei Cast Clean®-Bindersysteme, Bindergehalt 3%

Fließbarkeit (Schießbarkeit)

Die maschinelle Verarbeitbarkeit von Formstoffmischungen wird entscheidend von der Fließbarkeit beeinflusst. Mit Hilfe der Kantenprobe (n. D. Boenisch) können Aussagen zum Fließverhalten getroffen werden. Im Bild 12 ist sie am Beispiel der ausgeschossenen Formstoffmenge bzw. an einem %-Wert dargestellt. Eine Fließfähigkeit von 100 % bedeutet, dass die gesamte Kantenprobe vollständig ausgeschossen war. Dies entspricht der Fließbarkeit von Cold-box-Formstoffen.

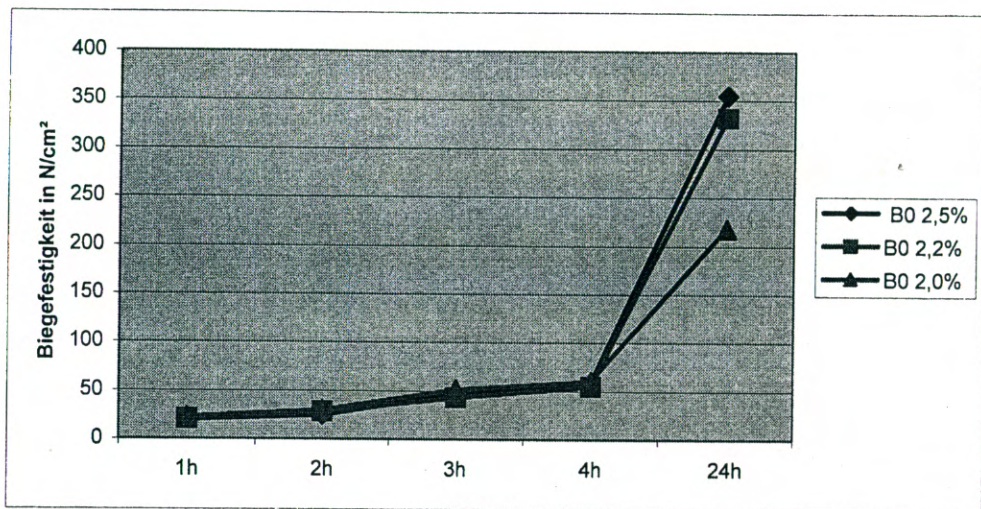


Bild 13: Biegefestigkeiten einen Binder aus Bild 12 bei gesenktem Bindergehalt

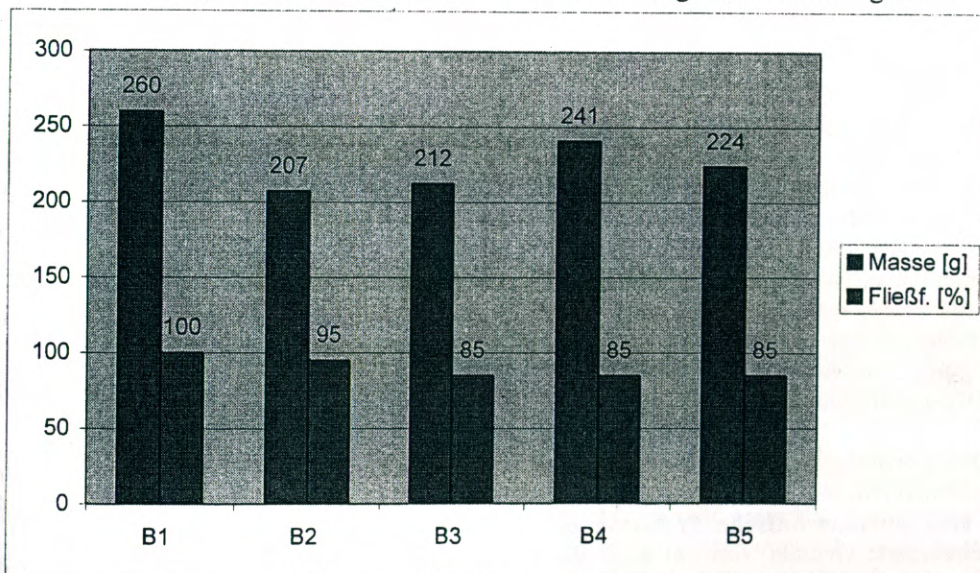


Bild 14: Fließfähigkeit einiger Cast Clean®-Bindersysteme bei Anwendung der Kantenprobe (B1 vergleichbar mit Cold-Box-Formstoff)

Zerfallseigenschaften

Wie bereits bei den Anforderungen an Kernformstoffe dargestellt, ist die Zerfallsfähigkeit ein wichtiges Kriterium und bei der Auswahl verschiedener Bindersysteme oftmals entscheidend. Aus diesem Grunde ist dies bei der Weiterentwicklung der anorganischen Bindersysteme von besonderer Bedeutung. Am Beispiel der Restdruckfestigkeit in Abhängigkeit von der Belastungstemperatur zeigt dies das Bild 13. So besitzt z.B. das Bindersystem B0 (Selbsthärtung) trotz hoher Ausgangsfestigkeit nur eine sehr geringe Restfestigkeit bei Temperaturbelastungen oberhalb von 400 °C. Die Bindersysteme B1 bis B3 besitzen kein 1. Maximum, was ihren Einsatz bei geringerer thermischer Beanspruchung ermöglicht.

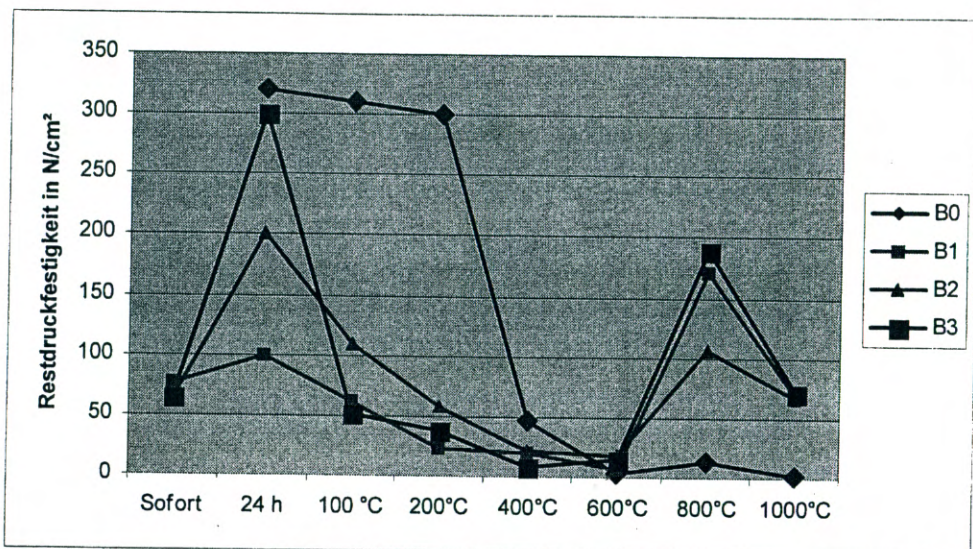


Bild 15: Restfestigkeiten verschiedener Cast Clean®-Bindersysteme, Bindergehalt 3 % (B0 Selbsthärtung, B1 – B3 Kohlendioxidbegasung)

Zusammenfassung

Die formtechnologischen Eigenschaften z.B. Kornform, Oberflächenbeschaffenheit, Schüttdichte u.a. der verschiedenen Formgrundstoffe nehmen entscheidenden Einfluss auf das Festigkeitsverhalten der Formteile bei Raumtemperatur. Das Verhalten der Formstoffe und insbesondere der Formgrundstoffe beim Gießen bestimmt die Neigung der Formteile zur Bildung typischer Gussfehler (z.B. Penetration, Blattrippen). Die unterschiedlichen wärmephysikalischen Eigenschaften (Wärmeleitfähigkeit, Wärmeübergang) nehmen Einfluss auf das Fließvermögen r Schmelze in der Form und die Gefügeausbildung. Dies wurde an unterschiedlichen Formgrundstoffen im Rahmen der Arbeit nachgewiesen. Damit ist die Fertigung dünnwandiger Gussteile (Eisen- und Stahlguss) sowie von Aluminiumgussteilen mit günstiger Gefügeausbildung möglich.

Die Verfahrenspalette der anorganischen Binder bzw. der damit verknüpften Form- und Kernformverfahren hat in den letzten Jahren wieder zugenommen. Vor allem umweltrelevante und arbeitsplatztechnische Probleme bei der Verwendung organischer Binder waren dafür entscheidende Gründe, obwohl auch die organischen Binder mit deutlichen Verbesserungen aufwarten. Hinsichtlich der Weiterentwicklung der Wasserglasbinder – Cast Clean® - ist festzustellen, dass durch gezieltes Einbringen von hauptsächlich anorganischen und in geringem Umfang von organischen Additiven Eigenschaften wie Festigkeit, Fließfähigkeit, Zerfallsverhalten und Restfestigkeit in einem weiten Bereich eingestellt werden können. Dies ermöglicht einen breiten Einsatz hinsichtlich unterschiedlicher Gusswerkstoffe, Härtingsbedingungen und Verarbeitungstechnologien.